

## ⑫ 公開特許公報 (A)

平1-212004

⑩ Int. Cl. 4

H 01 Q 3/36

識別記号

府内整理番号

7402-5 J

⑬ 公開 平成1年(1989)8月25日

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全16頁)

⑭ 発明の名称 光制御型フェーズドアレーランテナ

⑮ 特 願 昭63-36218

⑯ 出 願 昭63(1988)2月18日

⑰ 発明者 神谷 嘉明	京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5番地 株式会社 エイ・ティ・アール光電波通信研究所内
⑰ 発明者 岩崎 久雄	京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5番地 株式会社 エイ・ティ・アール光電波通信研究所内
⑰ 発明者 安川 交二	京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5番地 株式会社 エイ・ティ・アール光電波通信研究所内
⑰ 出願人 株式会社エイ・ティ・ アール光電波通信研究 所	京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5番地
⑰ 代理人 弁理士 青山 葵 外2名	

## 明細書

## 1. 発明の名称

光制御型フェーズドアレーランテナ

## 2. 特許請求の範囲

(1) コヒーレントな光信号を出力する光信号出力手段と、

上記光信号出力手段から出力される光信号を2個の光信号に分配する第1の分配手段と、

上記第1の分配手段から出力される一方の光信号を複数の第1の光信号に分配する第2の分配手段と、

上記第2の分配手段から出力される複数の第1の光信号を入力されるフェーズドアレーランテナのビーム方向に対応した各移相量だけそれぞれ移相させる複数の移相手段と、

上記第1の分配手段から出力される他方の光信号を入力される送信信号の周波数だけ周波数偏移させる偏移手段と、

上記偏移手段から出力される光信号を上記複数の第2の光信号に分配する第3の分配手段と、

上記複数の移相手段から出力される各第1の光信号と、上記各第1の光信号に対応し上記第3の分配手段から出力される各第2の光信号とをそれぞれ合波する複数の合波手段と、

上記各合波手段から出力される各光信号を検波し送信信号をそれぞれ出力する複数の光電変換手段と、

上記各光電変換手段からそれぞれ出力される各送信信号を放射する複数のアンテナとを備えたことを特徴とする光制御型送信フェーズドアレーランテナ。

(2) コヒーレントな光信号を出力する光信号出力手段と、

上記光信号出力手段から出力される光信号を2個の光信号に分配する第1の分配手段と、

上記第1の分配手段から出力される一方の光信号を入力される情報信号の周波数だけ周波数偏移させる第1の偏移手段と、

上記第1の偏移手段から出力される光信号を複数の第1の光信号に分配する第2の分配手段と、

上記第2の分配手段から出力される複数の第1の光信号を入力されるフェーズドアレーランテナのビーム方向に対応した各移相量だけそれぞれ移相させる複数の移相手段と、

上記第1の分配手段から出力される他方の光信号を入力される送信信号の周波数だけ周波数偏移させる第2の偏移手段と、

上記第2の偏移手段から出力される光信号を上記複数の第2の光信号に分配する第3の分配手段と、

上記複数の移相手段から出力される各第1の光信号と、上記各第1の光信号に対応し上記第3の分配手段から出力される各第2の光信号とをそれぞれ合波する複数の合波手段と、

上記各合波手段から出力される各光信号を検波し情報信号を含む送信信号をそれぞれ出力する複数の光電変換手段と、

上記各光電変換手段からそれぞれ出力される各情報信号を含む送信信号を放射する複数のアンテナとを備えたことを特徴とする光制御型送信フェ

上記各移相手段から出力される各第1の光信号と、上記各第1の光信号に対応し上記第3の分配手段から出力される各第2の光信号とをそれぞれ合波する複数の合波手段と、

上記各合波手段から出力される各光信号を検波し受信信号をそれぞれ出力する複数の光電変換手段と、

上記各光電変換手段からそれぞれ出力される各受信信号を結合し1個の受信信号を出力する結合手段とを備えたことを特徴とする光制御型受信フェーズドアレーランテナ。

(4)情報信号を含む受信信号を受信する複数のアンテナと、

コヒーレントな光信号を出力する光信号出力手段と、

上記光信号出力手段から出力される光信号を2個の光信号に分配する第1の分配手段と、

上記第1の分配手段から出力される一方の光信号を複数の第1の光信号に分配する第2の分配手段と、

ーズドアレーランテナ。

(3)コヒーレントな光信号を出力する光信号出力手段と、

上記光信号出力手段から出力される光信号を2個の光信号に分配する第1の分配手段と、

上記第1の分配手段から出力される一方の光信号を複数の第1の光信号に分配する第2の分配手段と、

上記第1の分配手段から出力される他方の光信号を上記複数の第2の光信号に分配する第3の分配手段と、

受信信号を受信する複数のアンテナと、

上記第2の分配手段から出力される複数の第1の光信号を上記各アンテナから出力される複数の受信信号の周波数だけそれぞれ周波数偏移させる複数の偏移手段と、

上記各偏移手段から出力される複数の第1の光信号を入力されるフェーズドアレーランテナのビーム方向に対応した各移相量だけそれぞれ移相させる複数の移相手段と、

上記第1の分配手段から出力される他方の光信号を上記受信信号と同一の周波数だけ周波数偏移させる第1の偏移手段と、

上記第1の偏移手段から出力される光信号を上記複数の第2の光信号に分配する第3の分配手段と、

上記第2の分配手段から出力される複数の第1の光信号を上記各アンテナから出力される複数の受信信号の周波数だけそれぞれ周波数偏移させる複数の第2の偏移手段と、

上記各第2の偏移手段から出力される複数の第1の光信号を入力されるフェーズドアレーランテナのビーム方向に対応した各移相量だけそれぞれ移相させる複数の移相手段と、

上記各移相手段から出力される各第1の光信号と、上記各第1の光信号に対応し上記第3の分配手段から出力される各第2の光信号とをそれぞれ合波する複数の合波手段と、

上記各合波手段から出力される各光信号を検波し上記受信信号内の情報信号をそれぞれ出力する

複数の光電変換手段と、

上記各光電変換手段からそれぞれ出力される各情報信号を結合し1個の情報信号を出力する結合手段とを備えたことを特徴とする光制御型受信フェーズドアレーランテナ。

### 3. 発明の詳細な説明

#### [産業上の利用分野]

本発明は、光制御型フェーズドアレーランテナに関する。

#### [従来の技術]

近年、移動体衛星通信システムの自動車等の陸上移動局アンテナ及び衛星搭載用アンテナとして、小型・軽量であって振動に耐えることができるとともに、相手局を追尾するために広角かつ高速でビーム走査を行うことができ、しかも通信条件に応じて所望形状のビームパターンの形成が行える高性能、高機能のアンテナが要求される。これらの要求は、一般に、放射方向を変化させるビーム走査のために、複数のアンテナが並置されたフェーズドアレーランテナにおいて、ビーム方向が所

て、上記送信信号から、上記 $A_k$ と $\theta_n$ を独立して制御可能な上記(2)式で表される各励振電流を形成し、該各励振電流を各アンテナに出力することによって送信フェーズドアレーランテナを構成することができる。

第5図は、従来例の送信フェーズドアレーランテナ装置のブロック図である。

第5図において、送信装置50は所定の周波数のマイクロ波信号を入力されるベースバンド信号で周波数変調して分配器51に出力する。これに応答して分配器51は入力されたマイクロ波信号を5分配して、各分配されたマイクロ波信号を増幅器52aないし52eを介して光制御型移相器53aないし53eに出力する。一方、各半導体レーザダイオード57aないし57eはそれぞれコヒーレントな光を光制御型移相器53aないし53eに出力する。

光制御型移相器53aないし53eはそれぞれ、第6図に示すように、それぞれ誘電体基板100上に形成された分岐光導波路71と、光移相器7

望の方向になるように、上記複数のアンテナを用いて送受信する各送信信号又は各受信信号の位相を適当に移相させ（以下、位相シフトという。）、また、所望のビームパターンを形成するために、上記複数のアンテナを励振させる各送信信号又は各受信信号の振幅に対して適当な重み付け（以下、信号振幅の重み付けという。）を行うことによって実現できる。例えば送信装置から出力される送信周波数 $\omega_r$ を有する送信信号を次式で表されるものとすると、

$$\cos \omega_r t \quad \dots (1)$$

フェーズドアレーランテナにおける複数n個のアンテナに出力する励振電流を次式で表されるようになる必要がある。

$$A_k \cos (\omega_r t + \theta_k),$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, n \quad \dots (2)$$

ここで、 $A_k$ は所望のビームパターンの形成を行うために各アンテナの励振電流に与える振幅係数であり、 $\theta_k$ は所望のビーム方向を得るために各アンテナの励振電流に与える移相量である。従つ

て、74と、合波光導波路73と、光周波数シフタ75と、光導波路61ないし67を備え、各光制御型移相器53aないし53eはそれぞれ同様に構成される。光制御型移相器53aないし53eにおいて、レーザダイオード57aないし57eから出力される光信号が入力端60に入射された後、光導波路61を介して分岐光導波路71の入力端に入射される。分岐光導波路71は、入射された光信号を分配された光強度が等分になるように2分配して、分配された一方の光信号を光導波路62、光移相器72、及び光導波路63を介して合波光導波路73の第2の入力端に出力するとともに、分岐された他方の光を光導波路64、光移相器74、光導波路65、光周波数シフタ75、及び光導波路66を介して合波光導波路73の第1の入力端に出力する。合波光導波路73は、第1の入力端と第2の入力端にそれぞれ入射される各光信号を合波して光導波路67、及び光制御型移相器53aないし53eの出力端68を介して光電変換器54aないし54eに出力する。

上記光移相器 72, 74 はそれぞれ、直線形状の光導波路の光軸に対して垂直な方向に電界を印加する電極を有し、該電極は可変電圧源 58a, 58b に接続される。従って、可変電圧源 58a, 58b から出力される所定の直流電圧が光移相器 72, 74 の各電極に印加され、光移相器 72, 74 内の光導波路を進行する光に対して所定の電界が印加され、これによって、該進行する光の位相を所定の移相量だけ移相させる。ここで、光移相器 72 は上記位相シフトを行うためのものであり、該光移相器 72 に移相量制御用の直流電圧を供給する上記可変電圧源 58a が、このフェーズドアレーランテナのビーム方向を制御する方向制御装置 59 に接続され、該方向制御装置 59 は上記ビーム方向の情報を入力する入力装置 80 に接続される。また、光移相器 74 は、分岐光導波路 71 の分岐部で 2 分配された各光信号がそれぞれ上記合波光導波路 73 の合波部に到達するまでの各光路差が等しくなるように補正するための位相補正用の移相器である。

e を介して 1 列に並置された 5 個のアンテナ 56a ないし 56e に出力して放射させる。

以上のように構成された光制御型送信フェーズドアレーランテナにおいて、操作者がこのフェーズドアレーランテナのビーム方向の情報を入力装置 80 に入力したとき、該情報が方向制御装置 59 に出力され、これに応答して、方向制御装置 59 は、該ビーム方向の情報に基づいて、上記アンテナ 56a ないし 56e から放射されるマイクロ波信号のビーム方向が上記入力されたビーム方向となるように、所定の各直流電圧を上記可変電圧源 58a から光制御型移相器 53a ないし 53e の各光移相器 72 の電極に出力させる。これによって、上記位相シフトが行われ、上述のように操作者が入力した所望のビーム方向でマイクロ波信号をアンテナ 56a ないし 56e から放射することができる。

#### [発明が解決しようとする課題]

上述のフェーズドアレーランテナにおいては、光制御型移相器 53a ないし 53e は第 6 図に示

光周波数シフタ 75 は、光導波路 65 を介して入射する光信号の波長を、上記増幅器 52a ないし 52e から入力された上記マイクロ波信号の周波数だけ偏移させた後、光導波路 66 を介して合波光導波路 73 の第 1 の入力端に出力する。この光周波数シフタ 75 は、それぞれ上記光移相器 72, 74 と同様の構成を有する複数の光移相器で構成され、この光周波数シフタ 75 の構成については、例えば、井筒雅之ほかによる“集積化された光 SSB 变调器／周波数シフタ”，IEEE ジャーナル・オブ・クォンタム・エレクトロニクス，Vol. QE-17, No. 11, 1981 年 11 月, 2225 ページから 2228 ページに開示されている。

光電変換器 54a ないし 54e はそれぞれ、例えば PIN フォトダイオード又はアバランシェフォトダイオードで構成され 2 乗検波特性を有する光電変換器であり、入力された各光信号を検波しつつ直流成分を除去した後、上記検波して得られる各マイクロ波信号を電力増幅器 55a ないし 55e

すように複雑な回路で構成する必要があるとともに、アンテナ 56a ないし 56e と同一の個数の半導体レーザダイオード 57a ないし 57e を備える必要があるために、該フェーズドアレーランテナの形状が大きくなるという問題点があった。

また、アンテナ 56a ないし 56e から放射されるマイクロ波信号のレベル及び雑音特性等の諸特性を均一化するために、上記各光制御型移相器 53a ないし 53e の動作特性及び上記各レーザダイオード 57a ないし 57e の出力特性をそれぞれ均一にする必要があるという問題点があった。

本発明の目的は以上の問題点を解決し、従来例に比較して簡単な回路で構成でき小型・軽量であってしかも複数のアンテナから放射する信号の諸特性を容易に均一化することができ安定に動作可能なフェーズドアレーランテナを提供することにある。

#### [課題を解決するための手段]

第 1 の発明は、コヒーレントな光信号を出力する光信号出力手段と、上記光信号出力手段から出

力される光信号を2個の光信号に分配する第1の分配手段と、上記第1の分配手段から出力される一方の光信号を複数の第1の光信号に分配する第2の分配手段と、上記第2の分配手段から出力される複数の第1の光信号を入力されるフェーズドアレーランテナのビーム方向に対応した各移相量だけそれぞれ移相させる複数の移相手段と、上記第1の分配手段から出力される他方の光信号を入力される送信信号の周波数だけ周波数偏移させる偏移手段と、上記偏移手段から出力される光信号を上記複数の第2の光信号に分配する第3の分配手段と、上記複数の移相手段から出力される各第1の光信号と、上記各第1の光信号に対応し上記第3の分配手段から出力される各第2の光信号とをそれぞれ合波する複数の合波手段と、上記各合波手段から出力される各光信号を検波し送信信号をそれぞれ出力する複数の光電変換手段と、上記各光電変換手段からそれぞれ出力される各送信信号を放射する複数のアンテナとを備えたことを特徴とする。

れる各光信号を検波し情報信号を含む送信信号をそれぞれ出力する複数の光電変換手段と、上記各光電変換手段からそれぞれ出力される各情報信号を含む送信信号を放射する複数のアンテナとを備えたことを特徴とする。

第3の発明は、コヒーレントな光信号を出力する光信号出力手段と、上記光信号出力手段から出力される光信号を2個の光信号に分配する第1の分配手段と、上記第1の分配手段から出力される一方の光信号を複数の第1の光信号に分配する第2の分配手段と、上記第1の分配手段から出力される他方の光信号を上記複数の第2の光信号に分配する第3の分配手段と、受信信号を受信する複数のアンテナと、上記第2の分配手段から出力される複数の第1の光信号を上記各アンテナから出力される複数の受信信号の周波数だけそれぞれ周波数偏移させる複数の偏移手段と、上記各偏移手段から出力される複数の第1の光信号を入力されるフェーズドアレーランテナのビーム方向に対応した各移相量だけそれぞれ移相させる複数の移相

第2の発明は、コヒーレントな光信号を出力する光信号出力手段と、上記光信号出力手段から出力される光信号を2個の光信号に分配する第1の分配手段と、上記第1の分配手段から出力される一方の光信号を入力される情報信号の周波数だけ周波数偏移させる第1の偏移手段と、上記第1の偏移手段から出力される光信号を複数の第1の光信号に分配する第2の分配手段と、上記第2の分配手段から出力される複数の第1の光信号を入力されるフェーズドアレーランテナのビーム方向に対応した各移相量だけそれぞれ移相させる複数の移相手段と、上記第1の分配手段から出力される他方の光信号を入力される送信信号の周波数だけ周波数偏移させる第2の偏移手段と、上記第2の偏移手段から出力される光信号を上記複数の第2の光信号に分配する第3の分配手段と、上記複数の移相手段から出力される各第1の光信号と、上記各第1の光信号に対応し上記第3の分配手段から出力される各第2の光信号とをそれぞれ合波する複数の合波手段と、上記各合波手段から出力さ

手段と、上記各移相手段から出力される各第1の光信号と、上記各第1の光信号に対応し上記第3の分配手段から出力される各第2の光信号とをそれぞれ合波する複数の合波手段と、上記各合波手段から出力される各光信号を検波し受信信号をそれぞれ出力する複数の光電変換手段と、上記各光電変換手段からそれぞれ出力される各受信信号を結合し1個の受信信号を出力する結合手段とを備えたことを特徴とする。

第4の発明は、情報信号を含む受信信号を受信する複数のアンテナと、コヒーレントな光信号を出力する光信号出力手段と、上記光信号出力手段から出力される光信号を2個の光信号に分配する第1の分配手段と、上記第1の分配手段から出力される一方の光信号を複数の第1の光信号に分配する第2の分配手段と、上記第1の分配手段から出力される他方の光信号を上記受信信号と同一の周波数だけ周波数偏移させる第1の偏移手段と、上記第1の偏移手段から出力される光信号を上記複数の第2の光信号に分配する第3の分配手段と、

上記第2の分配手段から出力される複数の第1の光信号を上記各アンテナから出力される複数の受信信号の周波数だけそれぞれ周波数偏移させる複数の第2の偏移手段と、上記各第2の偏移手段から出力される複数の第1の光信号を入力されるフェーズドアーレーアンテナのビーム方向に対応した各移相量だけそれぞれ移相させる複数の移相手段と、上記各移相手段から出力される各第1の光信号と、上記各第1の光信号に対応し上記第3の分配手段から出力される各第2の光信号とをそれぞれ合波する複数の合波手段と、上記各合波手段から出力される各光信号を検波し上記受信信号内の情報信号をそれぞれ出力する複数の光電変換手段と、上記各光電変換手段からそれぞれ出力される各情報信号を結合し1個の情報信号を出力する結合手段とを備えたことを特徴とする。

## 【作用】

上記第1の発明のように構成することにより、上記光信号出力手段がコヒーレントな光信号を出力した後、上記第1の分配手段が上記光信号出力

を制御可能な光制御型送信フェーズドアーレーアンテナを構成できる。

上記第2の発明のように構成することにより、上記光信号出力手段がコヒーレントな光信号を出力した後、上記第1の分配手段が上記光信号出力手段から出力される光信号を2個の光信号に分配する。次いで、上記第1の偏移手段が上記第1の分配手段から出力される一方の光信号を入力される情報信号の周波数だけ周波数偏移させた後、上記第2の分配手段が上記第1の偏移手段から出力される光信号を複数の第1の光信号に分配する。さらに、上記複数の移相手段が上記第2の分配手段から出力される複数の第1の光信号を入力されるフェーズドアーレーアンテナのビーム方向に対応した各移相量だけそれぞれ移相させる。一方、上記第2の偏移手段が上記第1の分配手段から出力される他方の光信号を入力される送信信号の周波数だけ周波数偏移させた後、上記第3の分配手段が上記第2の偏移手段から出力される光信号を上記複数の第2の光信号に分配する。次いで、上記

手段から出力される光信号を2個の光信号に分配する。次いで、上記第2の分配手段が上記第1の分配手段から出力される一方の光信号を複数の第1の光信号に分配した後、上記複数の移相手段が上記第2の分配手段から出力される複数の第1の光信号を入力されるフェーズドアーレーアンテナのビーム方向に対応した各移相量だけそれぞれ移相させる。一方、上記偏移手段は上記第1の分配手段から出力される他方の光信号を入力される送信信号の周波数だけ周波数偏移させた後、上記第3の分配手段は上記偏移手段から出力される光信号を上記複数の第2の光信号に分配する。さらに、上記合波手段は上記複数の移相手段から出力される各第1の光信号と、上記各第1の光信号に対応し上記第3の分配手段から出力される各第2の光信号とをそれぞれ合波した後、上記光電変換手段が上記各合波手段から出力される各光信号を検波し送信信号をそれぞれ上記複数のアンテナに出力して放射させる。従って、上記各移相手段によって上記各移相量を変化することによりビーム方向

複数の合波手段が上記複数の移相手段から出力される各第1の光信号と、上記各第1の光信号に対応し上記第3の分配手段から出力される各第2の光信号とをそれぞれ合波する。さらに、上記複数の光電変換手段が上記各合波手段から出力される各光信号を検波し情報信号を含む送信信号をそれぞれ上記複数のアンテナに出力して放射させる。従って、上記各移相手段によって上記各移相量を変化することにより、ビーム方向を制御可能な光制御型送信フェーズドアーレーアンテナを構成できる。

上記第3の発明のように構成することにより、上記光信号出力手段が、コヒーレントな光信号を出力した後、上記第1の分配手段が上記光信号出力手段から出力される光信号を2個の光信号に分配する。次いで、上記第2の分配手段が上記第1の分配手段から出力される一方の光信号を複数の第1の光信号に分配し、上記第3の分配手段が上記第1の分配手段から出力される他方の光信号を上記複数の第2の光信号に分配する。一方、上記

複数のアンテナが受信信号を受信する。上記複数の偏移手段は上記第2の分配手段から出力される複数の第1の光信号を上記各アンテナから出力される複数の受信信号の周波数だけそれぞれ周波数偏移させた後、上記複数の移相手段が上記各偏移手段から出力される複数の第1の光信号を入力されるフェーズドアレーアンテナのビーム方向に対応した各移相量だけそれぞれ移相させる。さらに、上記複数の合波手段は上記各移相手段から出力される各第1の光信号と、上記各第1の光信号に対応し上記第3の分配手段から出力される各第2の光信号とをそれぞれ合波した後、上記光電変換手段が上記各合波手段から出力される各光信号を検波し受信信号をそれぞれ出力する。またさらに、上記結合手段は上記各光電変換手段からそれぞれ出力される各受信信号を結合し1個の受信信号を出力する。従って、上記各移相手段によって上記各移相量を変化することによりビーム方向を制御可能な光制御型受信フェーズドアレーアンテナを構成できる。

段が上記各移相手段から出力される各第1の光信号と、上記各第1の光信号に対応し上記第3の分配手段から出力される各第2の光信号とをそれぞれ合波した後、上記光電変換手段が上記各合波手段から出力される各光信号を検波し上記受信信号内の情報信号をそれぞれ出力し、上記結合手段が上記各光電変換手段からそれぞれ出力される各情報信号を結合し1個の情報信号を出力する。従って、上記各移相手段によって上記各移相量を変化することによりビーム方向を制御可能な光制御型受信フェーズドアレーアンテナを構成できる。

#### [実施例]

##### 第1の実施例

第1図は本発明の第1の実施例である光制御型送信フェーズドアレーアンテナのブロック図である。

この第1の実施例の光制御型送信フェーズドアレーアンテナは、コヒーレントな光源として1個の半導体レーザダイオード1を用い、また、それぞれビーム走査に必要な各光信号処理回路である。

上記第4の発明のように構成することにより、上記複数のアンテナが情報信号を含む受信信号を受信し、上記光信号出力手段がコヒーレントな光信号を出力した後、第1の分配手段は上記光信号出力手段から出力される光信号を2個の光信号に分配し、一方、第2の分配手段は上記第1の分配手段から出力される一方の光信号を複数の第1の光信号に分配する。次いで、第1の偏移手段は上記第1の分配手段から出力される他方の光信号を上記受信信号と同一の周波数だけ周波数偏移させた後、上記第3の分配手段が上記第1の偏移手段から出力される光信号を上記複数の第2の光信号に分配する。さらに、上記第2の偏移手段が上記第2の分配手段から出力される複数の第1の光信号を上記各アンテナから出力される複数の受信信号の周波数だけそれぞれ周波数偏移させた後、上記各第2の偏移手段から出力される複数の第1の光信号を入力されるフェーズドアレーアンテナのビーム方向に対応した各移相量だけそれぞれ移相させる。またさらに、上記合波手

分歧光導波路12、13、15、合波光導波路18aないし18e、光周波数シフタ14、光移相器16aないし16e、17aないし17e、並びに光導波路21ないし24、25aないし25e、26aないし26e、27aないし27e、28aないし28e、29aないし29eをそれぞれ誘電体基板100上に集積化して設けたことを特徴としている。

第1図において、半導体レーザダイオード1は、コヒーレントな光信号を、誘電体基板100の入力端11、及び光導波路21を介して分歧光導波路12の入力端に出力する。一方、送信装置2は、所定の周波数のマイクロ波信号を入力されるベースバンド信号で周波数変調した後、光周波数シフタ14に出力する。

分歧光導波路12は入力端に入射された光信号を、分配された光信号の電力が等分になるように2分配し、上記分配された一方の光信号を光導波路22を介して分歧光導波路13の入力端に出力するとともに、上記分配された他方の光信号を光

導波路23、光周波数シフタ14、及び光導波路24を介して分岐光導波路15に出力する。光周波数シフタ15は従来例の光周波数シフタ75と同様に複数の光移相器で構成され、入射された光信号の周波数を送信装置2から入力されるマイクロ波信号の周波数だけ周波数偏移させた後出力する。

分岐光導波路13、15はそれぞれ各入力端に入射される光信号を、分配された光信号の電力が等分となるように5分配して、それぞれ光導波路25aないし25e、27aないし27eを介して光移相器16aないし16e、17aないし17eに出力する。

光移相器16aないし16e、17aないし17eはそれぞれ、従来例の光移相器72、74と同様に構成され、可変電圧源4、5から入力される直流電圧に対応した移相量で入射された光信号を移相させる。光移相器16aないし16eはそれぞれ、移相した各光信号を光導波路26aないし26eを介して合波光導波路18aないし18

される。

合波光導波路18aないし18eはそれぞれ第1と第2の入力端にそれぞれ入射された光信号を合波して、光導波路29aないし29e、及び誘電体基板100の出力端19aないし19eを介して光電変換器6aないし6eに出力する。

光電変換器6aないし6eはそれぞれ、従来例と同様に、例えばPINフォトダイオード又はアバランシェフォトダイオードで構成され2種検波特性を有する光電変換器であり、入力された各光を検波しつつ直流成分を除去した後、上記検波して得られる各マイクロ波信号を電力増幅器7aないし7eを介して1列に並置された5個のアンテナ8aないし8eに出力して放射させる。

以上のように構成された光制御型送信フェーズドアレーランテナの動作について、以下に説明する。

レーザダイオード1から出力される光信号 $\cos\omega_ct$ は、誘電体基板100の入力端11、及び光導波路21を介して分岐光導波路12に入射さ

eの各第1の入力端に出力し、また、光移相器17aないし17eはそれぞれ、移相した各光信号を光導波路28aないし28eを介して合波光導波路18aないし18eの各第2の入力端に出力する。ここで、光移相器16aないし16eはそれぞれ上記位相シフトを行うためのものであり、該光移相器16aないし16eに移相量制御用の直流電圧を供給する上記可変電圧源4が、このフェーズドアレーランテナのビーム方向を制御する方向制御装置3に接続され、該方向制御装置3は上記ビーム方向の情報を入力する入力装置80に接続される。また、光移相器17aないし17eはそれぞれ、分岐光導波路12の分岐部で2分配された各光がそれぞれ上記合波光導波路18aないし18eの合波部に到達するまでの各光路差が等しくなるように補正するための位相補正用の移相器であって、該移相器17aないし17eに位相補正用の直流電圧を供給する可変電圧源5が上記方向制御装置3に接続される。尚、上記位相補正のための移相量は、方向制御装置3によって制御

された後2分配され、上記分配された一方の光信号が光導波路22を介して分岐光導波路13に出力されるとともに、上記分配された他方の光信号が光導波路23、光周波数シフタ14、及び光導波路24を介して分岐光導波路15に出力される。ここで、上記光周波数シフタ14において、入射される光信号 $\cos\omega_ct$ が送信装置2から入力されるマイクロ波信号 $\cos\omega_rt$ の周波数だけ周波数偏移され、光信号 $\cos(\omega_c+\omega_r)t$ が出力される。

分岐光導波路13は入射された光信号を5分配して、それぞれ光導波路25aないし25e、光移相器16aないし16e、及び光導波路26aないし26eを介して合波光導波路18aないし18eの各第1の入力端に出力する。また、分岐光導波路15は入射された光信号を5分配して、それぞれ光導波路27aないし27e、光移相器17aないし17e、及び光導波路28aないし28eを介して合波光導波路18aないし18eの各第2の入力端に出力する。ここで、光移相器16aないし16eはそれぞれ、入射される光信

号を上記可変電圧源4から印加される直流電圧に対応する移相量 $\theta_k$ (ここで、 $k$ は、各光移相器16aないし16eに対応する1から5までの自然数である。)で移相した後、移相した光信号 $\cos(\omega_c t + \theta_k)$ を出力する。以下、光信号の位相の説明において、位相補正用の光移相器17aないし17eの移相量、並びに分岐光導波路12、13、15、光導波路2.2ないし2.4、25aないし25e、26aないし26e、27aないし27e、28aないし28eにおける遅延量を考慮しないものとする。

さらに、合波光導波路18aないし18bはそれぞれ入射された2個の光信号を合波し、合波された光信号 $\cos(\omega_c t + \omega_r) t + \cos(\omega_c t + \theta_k)$ を光導波路29aないし29e、及び出力端19aないし19eを介して光電変換器6aないし6eに出力する。光電変換器6aないし6eはそれぞれ、入射された光信号 $\cos(\omega_c t + \omega_r) t + \cos(\omega_c t + \theta_k)$ を2乗検波しつつ直流成分を除去して、上記検波して得られた各マイクロ波信号 $\cos(\omega_r$

することにより、ビーム走査の制御を行うことができる光制御型送信フェーズドアレーインテナを実現できる。

以上説明したように、本実施例の送信フェーズドアレーインテナにおいては、従来例のように複雑な回路で構成される光制御型移相器53aないし53eを備えず、また、1個のレーザダイオード1だけを用い、さらにビーム走査のための回路を誘電体基板100上に集積化して形成されているので、該フェーズドアレーインテナを従来例に比較して簡単な回路で構成できかつ小型・軽量化できるという利点がある。

また、上述のように光移相器16aないし16eを用いて光導波路内を進む光信号に対して電界を印加することにより上記位相シフトを行い、ビーム走査を行うための回路を誘電体基板100上に集積化して形成しているので、アンテナ8aないし8eから放射されるマイクロ波信号のレベル及び雑音特性等の諸特性を容易に均一化することができるとともに、上記ビーム走査を安定に動作

$t - \theta_k$ )を各電力増幅器7aないし7eを介してアンテナ8aないし8eに出力する。これによって、各マイクロ波信号がアンテナ8aないし8eから放射される。

以上のように構成された光制御型送信フェーズドアレーインテナにおいて、操作者がこのフェーズドアレーインテナのビーム方向の情報を入力装置80に入力したとき、該情報が方向制御装置3に出力され、これに応答して、方向制御装置3は、該ビーム方向の情報に基づいて、上記アンテナ8aないし8eから放射されるマイクロ波信号のビーム方向が上記入力されたビーム方向となるよう、所定の各直流電圧を上記可変電圧源4から光移相器16aないし16eに出力させるとともに、位相補正用の各直流電圧を上記可変電圧源5から光移相器17aないし17eに出力させる。これによって、上記位相シフトが行われ、上述のように操作者が入力した所望のビーム方向でマイクロ波信号をアンテナ8aないし8eから放射させることができる。従って、第1図に示すように構成

させることができるという利点がある。

従って、本実施例の光制御型送信フェーズドアレーインテナは、従来例に比較して小型・軽量であって、しかも可動部分がなく振動の影響を受けにくいので、移動体又は衛星搭載用のフェーズドアレーインテナとして用いることができる。

以上の第1の実施例において、コヒーレントな光信号を出力する光源として半導体レーザダイオード1を用いているが、これに限らず、ガズレーザを用いてもよい。

以上の第1の実施例において、5個のアンテナ8aないし8eを一列に並置する場合について述べているが、これに限らず、複数個のアンテナを一列又はマトリックス状に並置するようにしてもよい。この場合、アンテナの個数に応じて、光移相器16aないし16e、17aないし17e、電力増幅器7aないし7e、合波光導波路18aないし18e、光電変換器6aないし6e、及び電力増幅器7aないし7eのそれぞれの個数分を設ける必要がある。

第2の実施例

第2図は本発明の第2の実施例である光制御型送信フェーズドアレーアンテナのブロック図であり、第2図において第1図と同一のものについては同一の符号を付している。

この第2の実施例の光制御型送信フェーズドアレーアンテナが、第1図の第1の実施例の光制御型送信フェーズドアレーアンテナと異なるのは、位相補正用の光移相器17aないし17eをそれぞれ、第1図の光移相器16aないし16eと合波光導波路18aないし18eの各第1の入力端との間に設けたことである。すなわち、第2図において、分岐光導波路13で5分配された各光信号はそれぞれ、光導波路25aないし25e、光移相器16aないし16e、光導波路4.0aないし4.0e、光移相器17aないし17e、及び光導波路26aないし26eを介して合波光導波路18aないし18eの各第1の入力端に出力される。

以上のように構成された第2の実施例の光制御

従って、分岐光導波路12で分配された一方の光信号は、光導波路22a、光周波数シフタ1.4b、光導波路22bを介して分岐光導波路13の入力端に入射し、また、分配された他方の光信号は、光導波路23、光周波数シフタ1.4a、光導波路2.4を介して分岐光導波路15の入力端に入射される。

以上のように構成された第3の実施例の光制御型送信フェーズドアレーアンテナは、ベースバンド信号をマイクロ波信号の周波数帯に周波数変換を行うアップコンバータとして動作し、第1及び第2の実施例と同様の作用と効果を有する。

第4の実施例

第4図は本発明の第4の実施例である光制御型受信フェーズドアレーアンテナのブロック図であり、第4図において第1図ないし第3図と同一のものについては同一の符号を付している。

この第4の実施例の光制御型受信フェーズドアレーアンテナが、第1図の第1の実施例の光制御型送信フェーズドアレーアンテナと異なるのは、

型送信フェーズドアレーアンテナは、第1の実施例と同様の作用と効果を有する。

第3の実施例

第3図は本発明の第3の実施例である光制御型送信フェーズドアレーアンテナのブロック図であり、第3図において第1図及び第2図と同一のものについては同一の符号を付している。

この第3の実施例の光制御型送信フェーズドアレーアンテナが、第1図の第1の実施例の光制御型送信フェーズドアレーアンテナと異なるのは、第1図の分岐光導波路12と分岐光導波路15との間に、入射される光信号の周波数をマイクロ波信号発生器3.0から出力されベースバンド信号で周波数変調されていないマイクロ波信号の周波数だけ偏移させる光周波数シフタ1.4aを設け、また、第1図の分岐光導波路12と分岐光導波路13との間に、入射される光信号の周波数をベースバンド信号発生器3.1から出力されるベースバンド信号の周波数だけ偏移させる光周波数シフタ1.4bを設けたことである。

以下の構成である。すなわち、第1図の光周波数シフタ1.4を設けず、分岐光導波路13の各出力端と光移相器16aないし16eとの間に、入射される光信号の周波数を、アンテナ3.2aないし3.2eでそれぞれ受信された後低雑音増幅器3.3aないし3.3eを介して入力されるマイクロ波信号の周波数だけ偏移させる光周波数シフタ1.4aないし1.4eを設け、さらに、光電変換器6aないし6eの後段に結合器3.4、増幅器3.5、及び受信装置3.6を備える。

以上のように構成された光制御型受信フェーズドアレーアンテナにおいて、相手局から送信されるマイクロ波信号がアンテナ3.2aないし3.2eで受信された後、低雑音増幅器3.3aないし3.3eを介して光周波数シフタ1.4aないし1.4eに入力される。光周波数シフタ1.4aないし1.4eはそれぞれ、分岐光導波路13において5分配された各光信号の周波数を上記入力されたマイクロ波信号の周波数だけ偏移させて、各光信号を光導波路4.0aないし4.0e、上記位相シフタ用の光

移相器 16 a ないし 16 e、及び光導波路 26 a ないし 26 e を介して合波光導波路 18 a ないし 18 e の各第 1 の入力端に出力する。

合波光導波路 18 a ないし 18 e はそれぞれ第 1 と第 2 の入力端にそれぞれ入射された光信号を合波して、光導波路 29 a ないし 29 e、及び誘電体基板 100 の出力端 19 a ないし 19 e を介して光電変換器 6 a ないし 6 e に输出する。光電変換器 6 a ないし 6 e はそれぞれ、入力された各光信号を検波しつつ直流成分を除去した後、上記検波して得られる各マイクロ波信号を結合器 34 に出力する。結合器 34 は入力されたマイクロ波信号を結合した後、増幅器 35 を介して受信装置 36 に出力する。受信装置 36 は入力されたマイクロ波信号を周波数復調して、ベースバンド信号を抽出して出力する。

以上のように構成された受信フェーズドアレーインテナは、第 1 ないし第 3 の実施例の光制御型送信フェーズドアレーインテナと同様に、ビーム走査を制御可能な光制御型受信フェーズドアレー

テナと同様に、増幅器 35 の出力においてベースバンド信号を得るようにしてもよい。ここで、マイクロ波信号発生器 30 から出力されるマイクロ波信号は受信されるマイクロ波信号の搬送周波数と同一の周波数である。以上のように構成された光制御型受信フェーズドアレーインテナは、ベースバンド信号で変調されたマイクロ波信号をベースバンド信号の周波数帯に周波数変換を行うダウンコンバータとして動作し、第 3 及び第 4 の実施例と同様の作用と効果を有する。この第 8 図の実施例においても、第 7 図の実施例と同様に、出力端 19 a ないし 19 e から出力される各光信号を合波した後光電変換するようにしてもよい。

#### [発明の効果]

以上詳述したように本発明によれば、コヒーレントな光信号を 2 分配し、上記 2 分配された各組の光信号をそれぞれ複数の第 1 の光信号及び複数の第 2 の光信号に分配し、上記複数の第 1 の光信号をフェーズドアレーインテナのビーム方向に対応した各移相量だけそれぞれ移相させ、一方、上

アンテナを構成し、第 1 ないし第 3 の実施例の光制御型送信フェーズドアレーインテナと同様の効果を有する。

以上の第 4 の実施例において、出力端 19 a ないし 19 e からそれぞれ出力される各光信号を各光電変換器 6 a ないし 6 e で光電変換した後結合器 34 で結合しているが、これに限らず、第 7 図に示すように、出力端 19 a ないし 19 e からそれぞれ出力される各光信号を光合波器 37 で合波した後、光電変換器 6 で光電変換するようにしてもよい。

以上の第 4 の実施例において、増幅器 35 の出力において受信されたマイクロ波信号を得た後、受信装置 36 の出力においてベースバンド信号を得るように構成しているが、これに限らず、第 8 図に示すように、分岐光導波路 12 と分岐光導波路 15 の間に、入射される光信号の周波数をマイクロ波信号発生器 30 から入力されるマイクロ波信号の周波数だけシフトさせる光周波数シフタ 14 を設けて、第 3 図の送信フェーズドアレーイン

記複数の第 2 の光信号を送信信号の周波数だけ周波数偏移させ、上記移相された複数の第 1 の光信号と上記偏移された複数の第 2 の光信号をそれぞれ対応させて合波した後、合波された各光信号を送信信号に光電変換して各アンテナから放射し、上記各移相量を変化することによりビーム方向を制御可能な光制御型送信フェーズドアレーインテナを実現できる。また、上記複数に分配された光信号を各アンテナで受信された受信信号の周波数だけ偏移させ、また上記光電変換された各光信号を結合して 1 個の受信信号を得ることにより、上述の光制御型送信フェーズドアレーインテナと同様にビーム方向を制御可能な光制御型受信フェーズドアレーインテナを実現できる。

従って、本発明の光制御型フェーズドアレーインテナにおいては、従来例のように複雑な回路で構成される光制御型移相器 53 a ないし 53 e を備えず、また、1 個の光信号出力手段のみを用い、さらにビーム走査のための回路を上記分配手段、上記移相手段及び上記偏移手段で形成しているの

で、該フェーズドアレーインテナを従来例に比較して簡単な回路で構成できかつ小型・軽量化できるという利点がある。

また、上述のように上記移相手段を用いて上記位相シフトを行い、ビーム走査を行うための回路を上記分配手段、上記移相手段及び上記偏移手段で形成しているので、各アンテナから放射される送信信号のレベル及び雑音特性等の諸特性を容易に均一化することができるとともに、上記ビーム走査を安定に動作させることができるとともに、上記利点がある。

従って、本実施例の光制御型フェーズドアレーインテナは、従来例に比較して小型・軽量であって、しかも可動部分がなく振動の影響を受けにくいで、移動体又は衛星搭載用のフェーズドアレーインテナとして用いることができるという利点がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図ないし第3図はそれぞれ本発明の第1ないし第3の実施例である光制御型送信フェーズド

アレーインテナのブロック図、

第4図は本発明の第4の実施例である光制御型受信フェーズドアレーインテナのブロック図、

第5図は従来例の光制御型送信フェーズドアレーインテナのブロック図、

第6図は第5図の光周波数シフタのブロック図、

第7図及び第8図はそれぞれ第4の実施例の変形例である光制御型受信フェーズドアレーインテナのブロック図である。

1…半導体レーザダイオード、

2…送信装置、

3…方向制御装置、

4, 5…可変電圧源

6aないし6e…光電変換器、

7aないし7e…電力増幅器、

8aないし8e, 32aないし32e…アンテナ、

12, 13, 15…分歧光導波路、

14, 14aないし14e…光周波数シフタ、

16aないし16e, 17aないし17e…光

移相器、

18aないし18e…合波光導波路、

21ないし24, 22a, 22b, 25aないし25e, 26aないし26e, 29aないし29e, 40aないし40e…光導波路、

30…マイクロ波信号発生器、

31…ベースバンド信号発生器、

33aないし33e…低雑音増幅器、

34…結合器、

35…増幅器、

36…受信装置、

80…入力装置、

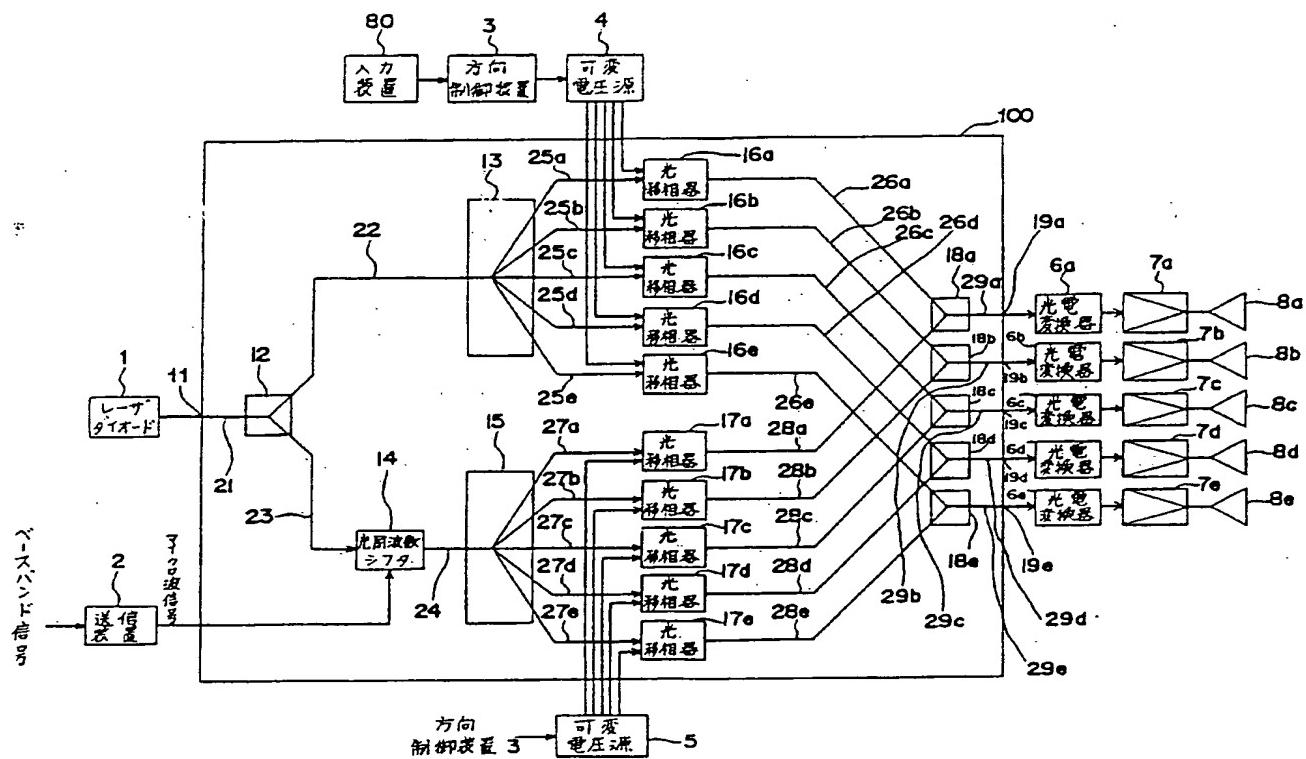
100…誘電体基板。

特許出願人 株式会社 エイ・ティ・アール

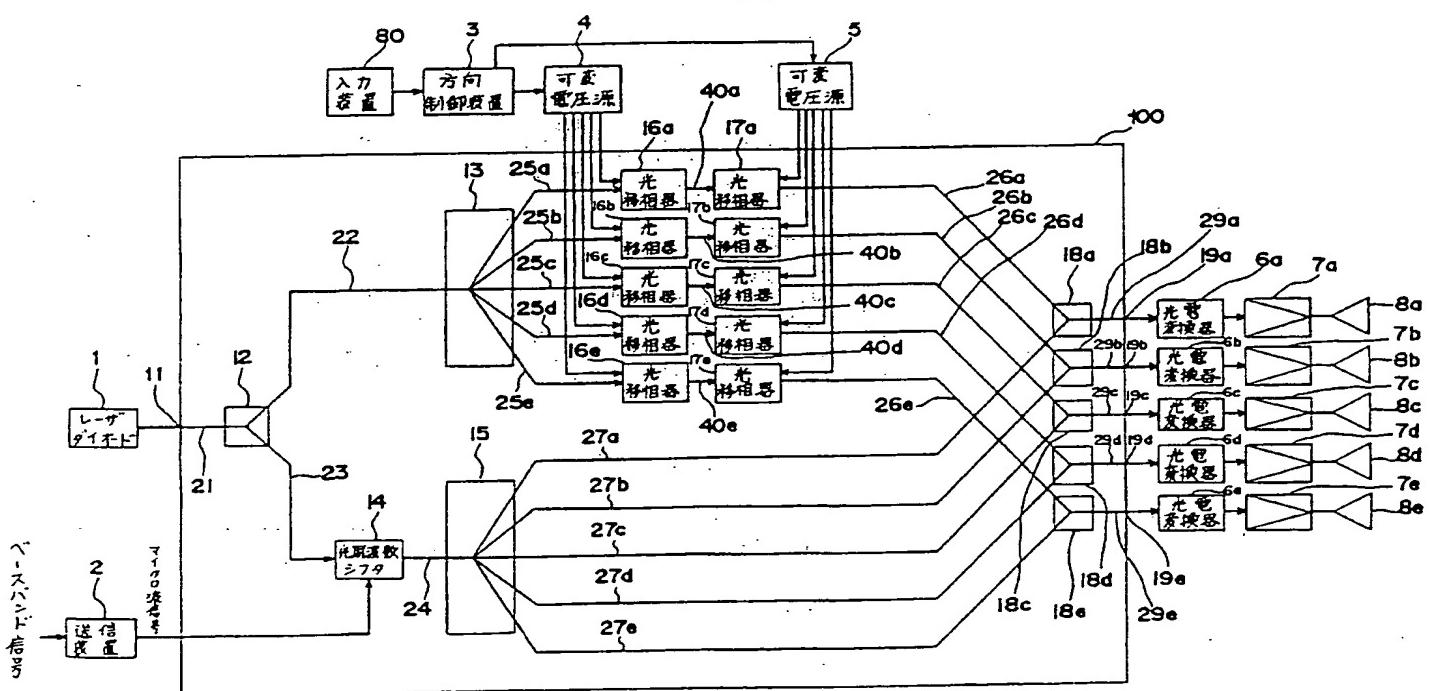
光電波通信研究所

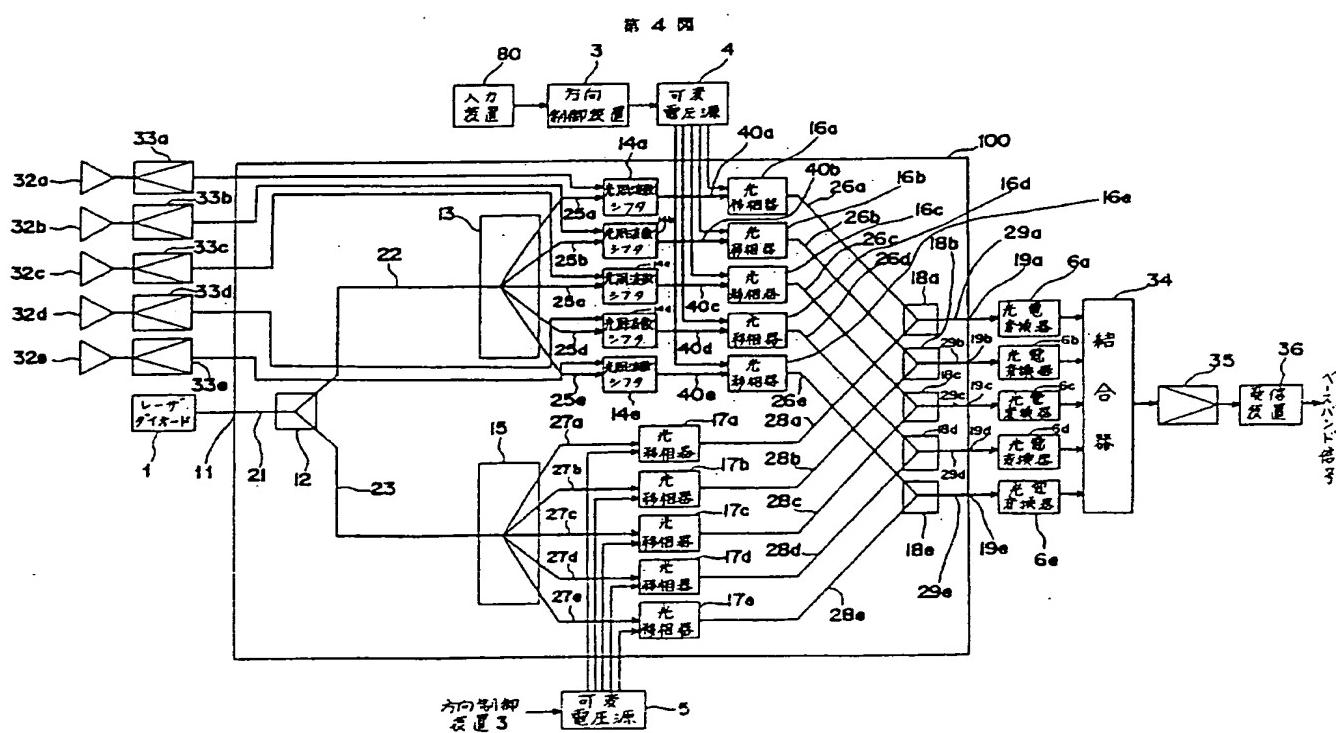
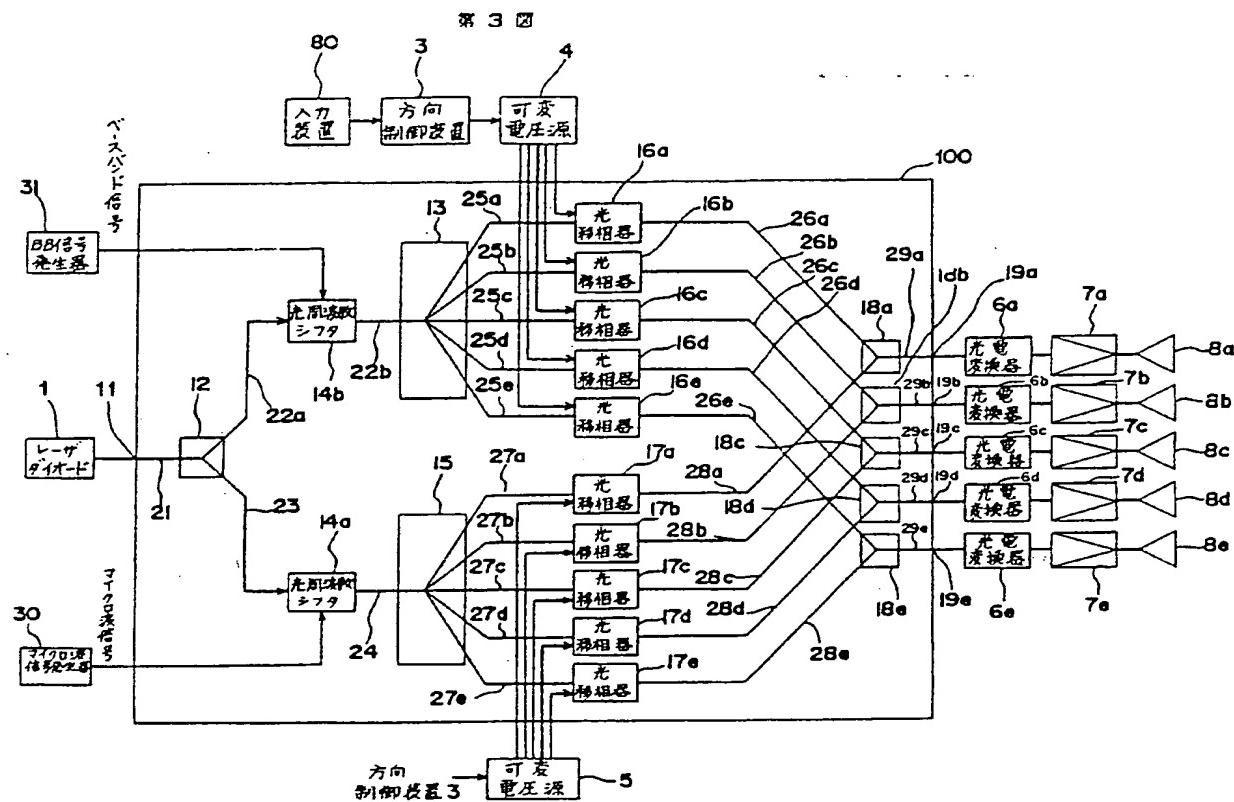
代理人 弁理士 青山 蔡ほか2名

第1図

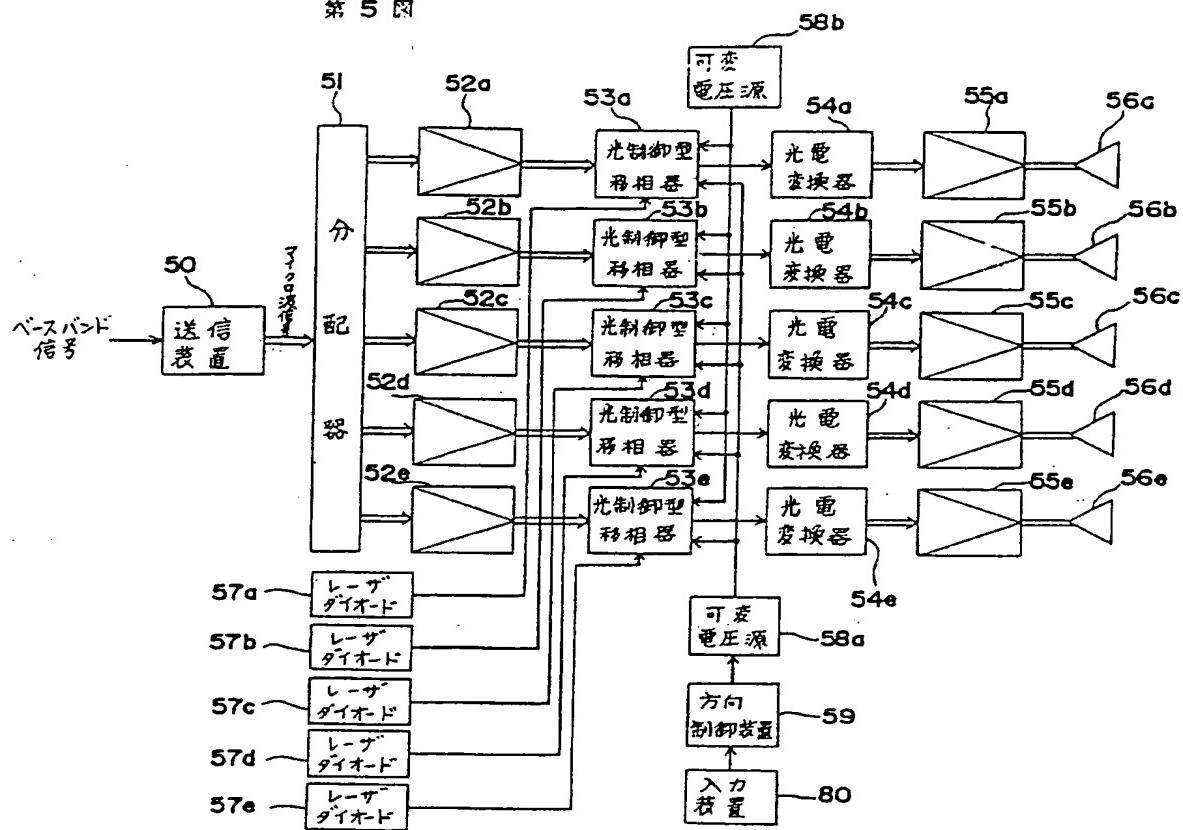


第2図

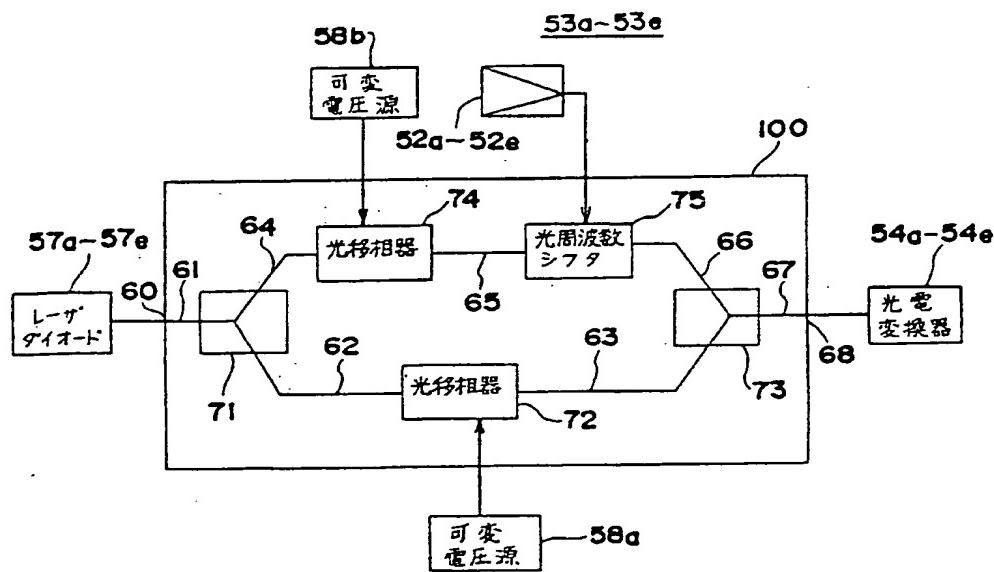




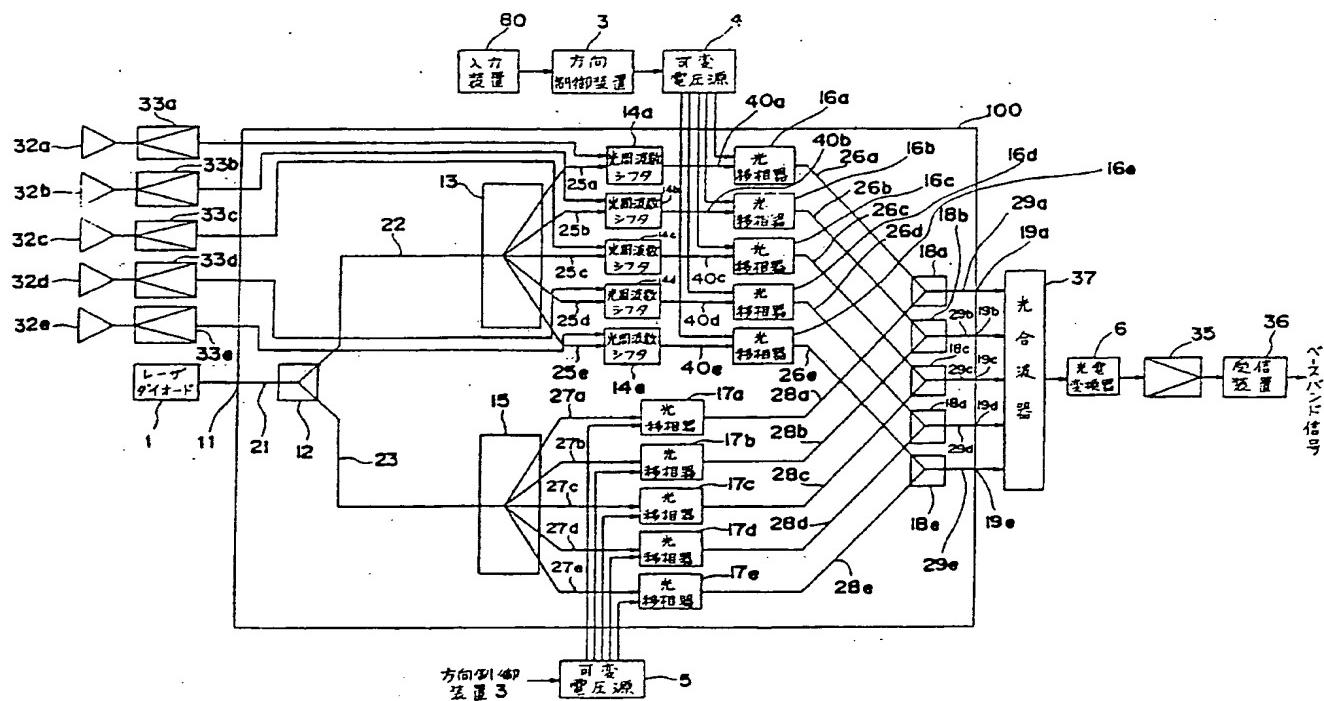
第5図



第6図



第7回



第8回

